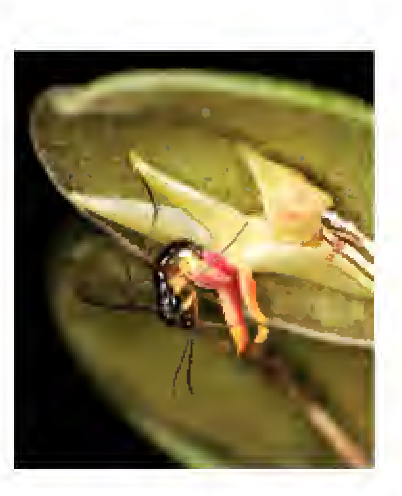


LEVADURAS MARINAS
PÁG. 7



EL AMOR ENTRE LAS PLANTAS
PÁG. 10



NÚM. 64 ENERO-FEBRERO DE 2006 ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL

SLOW FOOD: UN MOVIMIENTO DE VANGUARDIA

"Estos frijoles llegaron de España, pasando por la región francesa de Provence, en el siglo XVII, y en nuestro Valle Argentina encontraron un hábitat ideal" —contaba Mario Bellone, mientras nos miraba con sus profundos ojos azules. "Aquí los cultivamos sobre pequeñas terrazas sostenidas con muros de piedra 'en seco'; la selección natural ha originado tres diferentes tipos, y cada uno es propio de una pequeña comunidad de nuestra región: Conio, Pigna y Badalucco. Nuestros frijoles son uno de los baluartes de Slow Food" —concluye, orgulloso y muy ufano, Mario. Nos encontramos en Liguria, la región que se asoma, estrecha y montañosa, al mar Tirreno, en el noroeste de Italia. Vinimos hasta aquí para tratar de entender por qué estos frijoles han recibido tan importante distinción, preguntándonos, al mismo tiempo, cómo es que en México, cuna de estas leguminosas, ninguna de sus 180 variedades, ha sido jamás elevada al rango de 'baluarte' o 'denominación de origen'".

Fulvio Eccardi[1] y Leticia Mendoza[2]

SLOW FOOD: UN MOVIMIENTO DE VANGUARDIA

El ser humano debe recuperar su sabiduría y liberarse de la locura universal del "Fast Life"; es necesario optar por la defensa de los placeres materiales que nos dan tranquilidad —proclamó, en 1989, la declaratoria de fundación del Movimiento Internacional Slow Food. A quienes confunden la eficiencia con el frenesí, proponemos que experimenten los placeres en lento y prolongado goce. En la mesa, a diferencia de la uniformidad del "Fast Food", redescubrimos la riqueza, variedad y aromas de las cocinas locales con Slow Food. Si bien, en nombre de la productividad, el Fast Life ha modificado nuestra vida y amenaza el ambiente y el paisaje, hoy día el Slow Food es la respuesta de vanguardia. Porque es en el desarrollo del gusto y no en su empobrecimiento, como la cultura puede encaminarse hacia el progreso, con un intercambio internacional de historias, conocimientos y proyectos.

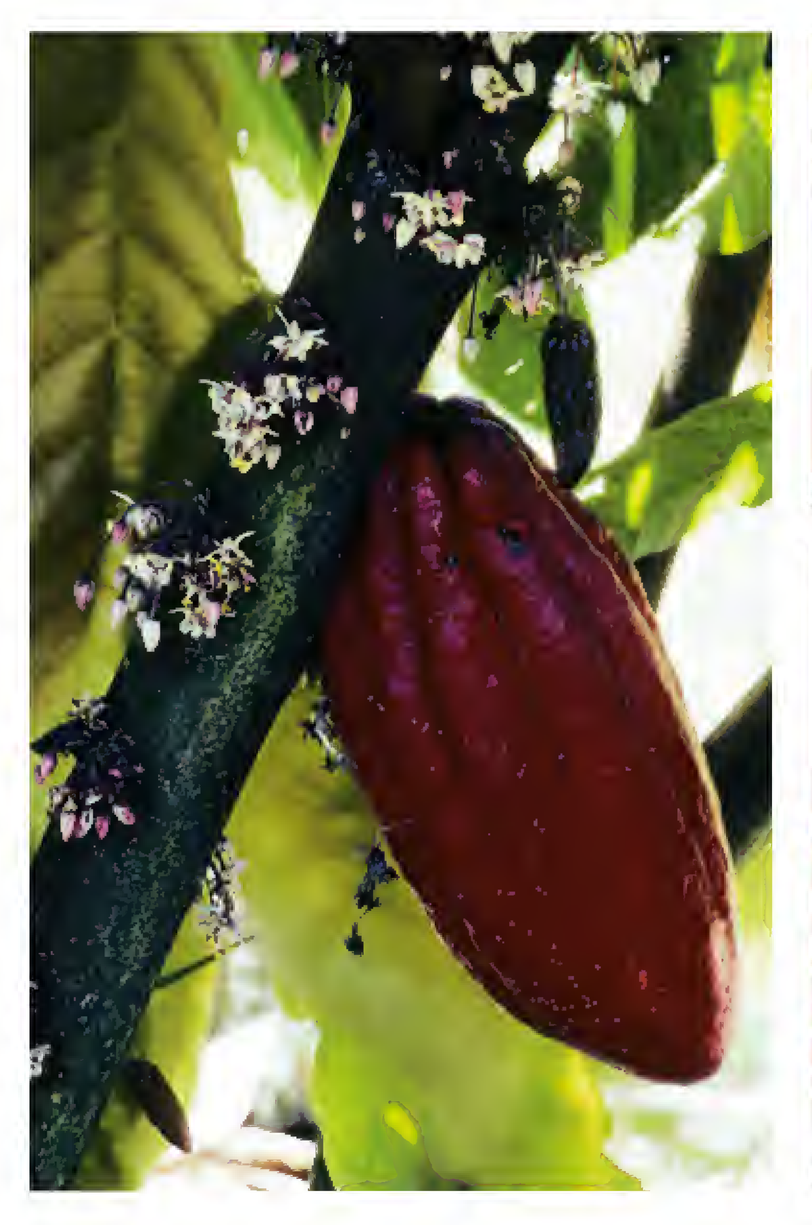
Por todo ello Slow Food, que hoy cuenta con más de 80 000 miembros en más de 100 países, instituyó en el año 2000 el Primer Premio Slow Food, para reconocer a todos aquellos que defienden, promueven y enriquecen, en cualquier rincón del mundo, el patrimonio de la diversidad de especies, productos, saberes y sabores. Los ganadores del premio son los guardianes del gusto, trabajan en sectores tan diversos como la investigación y el artesanado, y constituyen los cimientos para conservar el patrimonio y aprovechar la cultura alimentaria futura. Carlo Petrini, fundador y presidente de la organización Slow Food, declara: "El premio tiene en la defensa de la biodiverisidad su razón de ser; lo hemos establecido porque somos una organización orgullosamente ecogastronómica, convencida de que hoy no puede existir el verdadero placer sin el conocimiento, y de que no tiene sentido pensar en la calidad de los alimentos sin asumir nuestras reponsabilidades frente a la producción agrícola".

A lo largo de estos años han recibido el Premio Slow Food, entre otros, Veli Gulas, quien desde hace 25 años produce en Anatolia la renombrada miel de Anzer; Katsuhiko Takedomi, quien ha recuperado en Japón el cultivo orgánico, la tradición y el consumo de antiguas variedades de arroz; Juan Pérez Sarmiento, quien por medio de las Escuelas Radiofónicas Populares del Ecuador ha rescatado, con métodos orgánicos de vanguardia, el cultivo de la quinoa, grano que contribuyó en gran medida al gran florecimiento de la civilización inca.

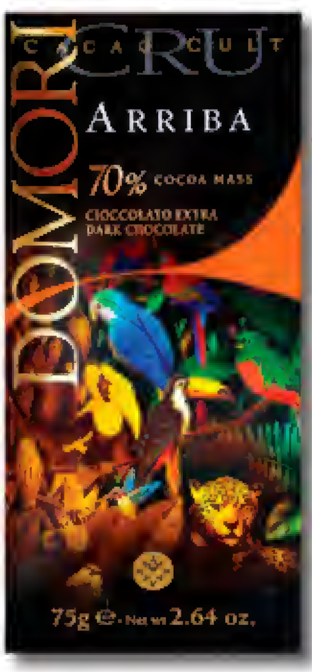
Entre los mexicanos galardonados están Raúl Antonio Manuel, joven líder de Rancho Grande —poblado chinanteco de la sierra de Oaxaca— quien fomentó el cultivo tradicional de la vainilla, devolviendo a su comunidad el orgullo de una producción rica de encanto, historia y cultura, con interesantes perspectivas de mercado; Raúl Hernández Garciadiego, quien promovió soluciones sustentables para la agricultura en el área de Tehuacán, Puebla, y fomentó el cultivo del amaranto para mejorar las condiciones de vida y alimentación de

El frijol de Badalucco es muy apreciado por su piel casi inexistente y su consistencia suave; el sabor recuerda al de las castañas hervidas o al de las avellanas.

Fotografías © Fulvio Eccardi











En algunos países europeos un nuevo nicho de mercado de rápido crecimiento es el de los chocolates elaborados a partir de cacaos criollos, a veces 100% puros.

los campesinos, y para proteger los escasos recursos hídricos de la región, y Doña Sebastiana Juárez Broca, promotora entre los campesinos del municipio de Comalcalco, en Tabasco, del cultivo orgánico del cacao y de la antigua técnica de elaboración del chocolate.

Vainilla, amaranto y cacao

Hablar de vainilla, amaranto y cacao es tocar las raíces de la cultura de nuestro país. El cultivo de la vainilla —orquídea que produce un perfumado y embriagador fruto— del que México fue antaño el principal productor mundial, se encuentra actualmente reducido a sus mínimos términos, a pesar de que los grandes chefs pasteleros —como opina el del famoso restaurant Le Cirque, en Nueva York— reconocen que la calidad de la vainilla mexicana es mucho mejor, más compleja y rica de fragancias, cuando se le compara con la que viene de Madagascar, que es donde actualmente se produce más en el mundo. El cultivo y consumo del amaranto, alimento fundamental en la dieta de los mayas y mexicas, fue severamente prohibido por los conquistadores, porque la manera de consumirlo —ya que se elaboraban figuras que se repartían entre los comensales— se parecía a la ceremonia de la comunión católica. Su composición proteica se asemeja a la de la leche, y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana. Hoy día el amaranto se cultiva en México en menos de 1 000 hectáreas, cuando en China ocupa una superficie de más de 150 000 hectáreas. El cacao, que en tiempos prehispánicos fue usado como moneda, era transformado en el néctar de los dioses, en bebida sagrada reservada para pocos, de cuya producción México tuvo el monopolio y liderazgo, hoy tiene una producción que se reduce a 36 000 toneladas, comparada con 1 300 000 toneladas que se producen en Costa de Marfil, primer productor mundial. El mercado global del chocolate está calculado en 60 000 millones de dólares.

¿Por qué en la actualidad México no tiene una presencia importante en el mercado internacional de estos productos, que son una pequeña muestra de lo que el país ha dado al mundo? De aquí son originarios, es decir, aquí encontramos su biodiversidad, su germoplasma nativo; aquí están los suelos y los climas aptos para su cultivo, aquí nació su cultura y tradición, y además existe una organización internacional que reconoce los pequeños esfuerzos que se llevan a cabo para su rescate. Sólo podemos contestarnos que no ha habido, desde hace muchas décadas, una visión política sobre la vocación natural de la producción agrícola del país.

La composición proteica del amaranto se asemeja a la de la leche, y se acerca mucho a la proteína ideal propuesta por la FAO para la alimentación humana



Del amaranto, además del grano se aprovecha integralmente toda la planta. Las hojas pueden ser consumidas como verdura; el tallo sirve de rastrojo y presenta una gran resistencia a las sequías.

La vainilla es el aromatizante más empleado en la industria alimentaria, en particular en la elaboración de helados, refrescos de cola y chocolates.

Sirva como ejemplo la historia de la región chiapaneca del Soconusco, cubierta antaño por exuberantes selvas, cuna del cacao —el de mayor calidad, el más apreciado por los paladares de la burguesía europea que empezó a consumirlo en el siglo XVI. Sus maderas preciosas, como el cedro, la caoba y el guayacán, fueron exportadas a Europa; en 1846 se estableció la primera plantación de café y paulatinamente las antiguas plantaciones de cacao se transformaron en pastizales para el ganado. A fines del siglo XIX se estableció también en el Soconusco la más grande plantación de hule del mundo, abandonada cuando se inventó el caucho sintético. En las primera décadas del siglo XX se llegaron a plantar 5 millones de plátanos que fueron devastados por vientos y plagas. Después se cultivó el algodón, y para lograr mantenerlo durante unas pocas décadas fue rociado por más de un millón de litros de insecticidas. A principios de los noventa, la ganadería extensiva agotó sus posibilidades de expansión hacia nuevas áreas forestales. Hoy no queda más que preguntarnos nuevamente ¿cuál será la vocación de uso del suelo —rentable en términos económicos y respetuosa de la naturaleza— en el Soconusco, la cuna del cacao?

Para tratar de restablecer las relaciones entre los pequeños productores del llamado Tercer Mundo y los consumidores europeos —que cada vez están más informados acerca de dónde y quiénes producen lo que adquieren y consumen—, y preocupados por que este comercio sea justo y equitativo, la organización Slow Food organizó en octubre de 2004 en Turín, Italia, el encuentro Terra Madre, reunión mundial para las comunidades relacionadas con el alimento. Cinco mil personas, entre agricultures, pescadores, nómadas y artesanos de todo el mundo, acudieron en representación de las múltiples comunidades que cultivan y producen alimentos de manera sostenible. Fue un momento para compartir experiencias y aprender de colegas de otros rincones del mundo, para confrontar y analizar los problemas comunes, bajo el signo de una agricultura más sabia, que es el fruto de conocimientos antiguos que están revelándose como las soluciones más modernas a los problemas actuales.





Frijoles y mezcales

¿Y cómo se preparan los frijoles de Badalucco?, preguntamos a Mario. "De dos maneras –nos contestó. Primero se remojan durante una noche en agua, luego se hierven en agua con ajo, salvia, laurel y sal, y se cuecen hasta que estén suaves sin que se desbaraten. Luego se condimentan con aceite de oliva extra virgen, se agregan cebollines finamente picados, pimienta fresca

La revista internacional Slow nació para intercambiar experiencias y conocimientos entre países y se publica en seis idiomas.









recién molida y sal. Pero también se comen de otra manera: se mezlan los frijoles cocidos previamente y el cebollín rebanado, en una masa a base de harina de trigo y sal, y se fríen en aceite hirviendo. A esta receta nosotros la llamamos *frisceui*. La apreciada calidad de los frijoles de Badalucco radica en su fina cáscara, que al cocerlos no se percibe". "¿Y ustedes, allá en México, cuántos tipos diferentes de frijoles tienen?" Recordamos entonces que si bien en el supermercado se venden en una clasificación simple, que no especifica su origen, como el bayo, el negro y el pinto, en los tianguis locales se pueden encontrar los "acerados" color aceituna y los "moros" de color rosado con rayas negras, que cultivan en San Juan Xochiaca, en el Estado de México; el frijol blanco "toxel", el "zebra", el "rojo" y el "flor de mayo" de Yucatán; el "vaca" que es manchado blanco y rojo, el amarillo "delgado", el "rojo", el "cachauate", rojo con beige y el "garrapato" gris de Ozumba, en el Estado de México. También están los "negritos criollos" de Zaachila, en Oaxaca; el "regadillo" que es pequeño y rojizo y se vende en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, y éstos por mencionar sólo algunos; pero ninguno de ellos —explicamos a Mario— es considerado como un "baluarte" o tiene "denominación de origen".

La Conabio inició hace tres años un programa acerca del uso de la biodiversidad de México, que ofrece la información biológica recabada —gracias al desarrollo de centenares de proyectos y al esfuerzo constante para sistematizarla— al servicio de procesos sociales de aprovechamiento sustentable de los recursos biológicos. En este sentido se ha trabajado —entre muchas otras cosas — en la formación de un Consejo Regulador para la pita, que es una fibra natural de una planta bromeliácea utilizada para la ornamentación de artículos de tala-

La asociación internacional Slow Food restituye su dignidad cultural a la comida, promueve la educación del gusto y lucha para la defensa de la biodiversidad. Salvar una raza o una especie vegetal en vía de extinción significa preservar un ambiente, recuperar una receta o regalar un placer al paladar cuando éste está suficientemente educado para apreciarlo.









Slow Food es el eslabón entre ética y placer:
en una palabra, ecogastronomía

Doña Sebastiana Juárez Broca, promotora entre los campesinos del municipio de Comalcalco, en Tabasco, del cultivo orgánico del cacao.

Raúl Hernández Garciadiego y Gisela Herrerías Guerra han creado en la región de Tehuacán el proyecto Quali —palabra náhuatl que significa bueno—.

Tomado de la revista Slow Food.

Actualmente, más de 1 100 campesinos cultivan huertos para el autoconsumo y más de 700 parcelas de amaranto.

© Fulvio Eccardi

bartería, y en el reconocimiento y delimitación de la distribución del linaloé, que es uno de los copales aromáticos más conocidos y utilizados; en los estudios taxonómicos, sistemáticos, biogeográficos, de caracterización de la diversidad genética y documentación de los procesos comunitarios y de desarrollo de los magueyes que se usan en la industria de los destilados, para apoyar el diseño de políticas públicas que promuevan la diversidad: muchos magueyes, muchas regiones y muchos mezcales.

"Cada rincón del mundo —escribe Carlo Petrini— es custodio de una porción de biodiversidad que está constantemente amenazada por quienes conciben a la naturaleza y a las personas como riquezas que hay que explotar. El primer objetivo es difundir el conocimiento y ampliar la conciencia, es el punto de partida para dar dignidad y economía a cada territorio, asumiendo la diversidad como valor y los instrumentos de la globalización como vehículos para valorizarla y difundirla. Favorecer e incrementar los recursos naturales en su extraordinaria variedad, dar a conocer los productos para que las comunidades de consumidores atentos y sensibles los puedan apreciar, significa ofrecer al mundo la esperanza de un futuro diverso de aquel —contaminado y sin sabor— que los señores de la Tierra han programado para todos".



Para más información acerca de Slow Food en México: Dr. Giorgio de Angeli.
giorgio@avantel.net
<www.slowfood.com/>

[1] Biólogo y fotógrafo, coordinador de *Biodiversitas*

[2] Asesora editorial para la producción de libros y revistas





Hever Latisnere,[1] Marte Virgen,[1]
Jovita Martínez[2] y José Luis Ochoa[1]

LEVADURAS MARINAS



A



B

Los ascomicetos y basidiomicetos se distinguen por sus formas de reproducción. Las ascas (A) son tubos cilíndricos o en forma de bolsa que contienen las esporas que luego son expulsadas al aire. Los basidios (B) son formaciones o prolongaciones extracelulares que dan origen a las esporas.

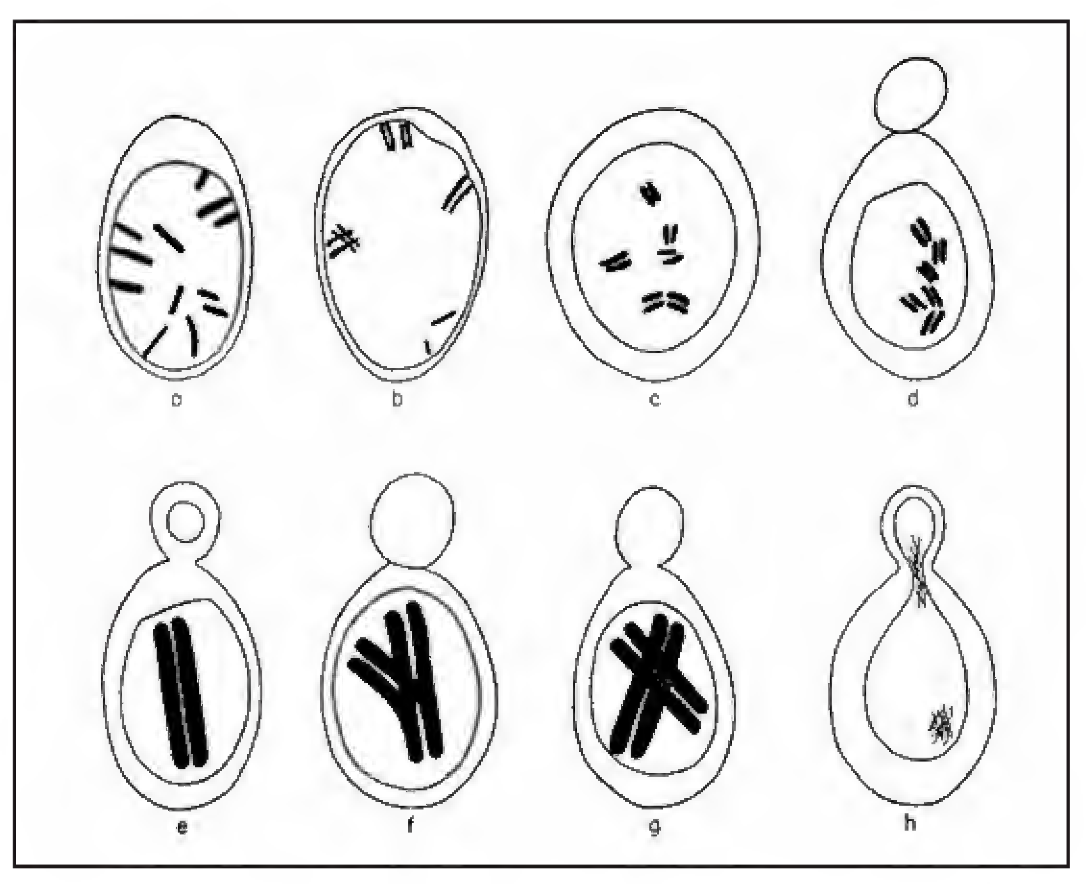
Reproducidas con autorización del Prof. C. Mims <www.bsu.edu/classes/ruch/msa/mims.html>

A pesar de que han acompañado al hombre desde que éste se hizo sedentario y empezó a utilizarlas para la elaboración del pan, quesos y bebidas alcohólicas, el estudio de las levaduras se inició de manera formal en la segunda mitad del siglo XIX, con el trabajo de Pasteur sobre la fermentación. Hacia 1830 se reconocía que la fermentación era resultado de la actividad de organismos vivos, aunque el debate perduró mas allá de 1859, cuando Pasteur realizó los primeros experimentos que demostraban la existencia de las levaduras y su participación en los procesos de fermentación.

Las levaduras son hongos unicelulares de forma oval que se reproducen por gemación o fisión. La gemación se manifiesta como un brote en la superficie de la cual deriva una nueva célula que eventualmente se separa de la madre; la fisión se refiere a la división de la célula madre en dos células hijas. Mientras que muchas especies de levaduras son siempre unicelulares, otras son dimórficas o bifásicas, es decir, pueden crecer como micelio en condiciones ambientales apropiadas de nutrientes o temperatura. Este grupo de microorganismos está incluido taxonómicamente en la división Eumicota y, dadas sus características de reproducción sexual, se pueden ubicar en tres subdivisiones: Ascomicotina, que comprende levaduras que pueden formar esporas contenidas dentro de una asca (Fig. A); Basidiomicotina, en donde los representantes forman esporas externas localizadas sobre basidios o esterigmas (Fig. B), y, finalmente, el grupo Deuteromicotina, en donde se encuentran todas aquellas levaduras que no presentan una fase sexual en su ciclo de vida y se reproducen por fisión o gemación.

Las levaduras tienen una amplia distribución y han sido aisladas de diferentes hábitats, desde los tundras hasta los desiertos, incluyendo los ambientes marinos. Sobre el origen de las levaduras marinas se puede especular que la erosión es uno de los vehículos por los cuales los cuerpos de agua (ríos, lagos y regiones marinas costeras) obtienen poblaciones de dichos organismos. Es decir, con las precipitaciones pluviales y corrientes superficiales las levaduras originalmente terrestres son transportadas a los ambientes acuáticos. Su sobrevivencia en el mar y en cuerpos de agua dulce está determinada por su capacidad de adaptación en dichas condiciones. No obstante, recientemente se ha reconocido que las levaduras pueden también originarse de la fauna y flora acuática características de estos ambientes, incluyendo el plancton de los océanos. En los últimos

Las levaduras marinas pueden ser utilizadas como indicadores del impacto ambiental asociado a zonas costeras



Reproducción asexual (mitótica) de las levaduras.

Dibujo elaborado por Lindegren en 1946, en Barnett y Robinow (2002)

40 años se han reunido pruebas suficientes para establecer que las levaduras que han sido aisladas del medio ambiente marino son parte constitutiva de la población microbiana marina, por lo que se les puede considerar como auténticas "levaduras marinas". En ellas se incluye a todas las levaduras y hongos levaduriformes que son capaces de constituir y perpetuar poblaciones en el medio marino, o cuya reproducción y crecimiento ocurre preferentemente en el mar o en condiciones óptimas a las concentraciones normales de sales en el mar, entre 2.4 y 4.0% de cloruro de sodio.

Es un hecho que las levaduras marinas pueden utilizarse como indicadores del impacto ambiental asociado a zonas costeras, en virtud de requerir materia orgánica para su desarrollo. Es decir, las levaduras marinas son más abundantes en zonas contaminadas. Algunas pueden ser patógenas para diversos organismos marinos porque, al igual que la levadura *Candida albicans*, de importancia clínica en humanos, las levaduras marinas pueden producir infecciones (candidiasis) y ser tóxicas para peces, crustáceos, bivalvos, aves y mamíferos marinos; por tanto, la introducción de técnicas apropiadas de detección, identificación y diagnóstico es necesaria.

Por otro lado, también es posible considerar el aprovechamiento de las levaduras marinas para la obtención de nuevos productos farmacológicos como vitaminas, enzimas terapéuticas (superóxido-dismutasa como anti-inflamatorio) y su uso en la producción de proteína unicelular para la formulación de dietas para acuacultura e incluso complementos alimenticios para animales de granja y humanos. Todos estos productos, obtenidos mediante la fermentación, representan una gran oportunidad para el desarrollo de nuevos procesos industriales que utilicen el agua de mar como solvente, ya que, como sabemos, las técnicas actuales para el cultivo de levaduras emplean el agua destilada como solvente.

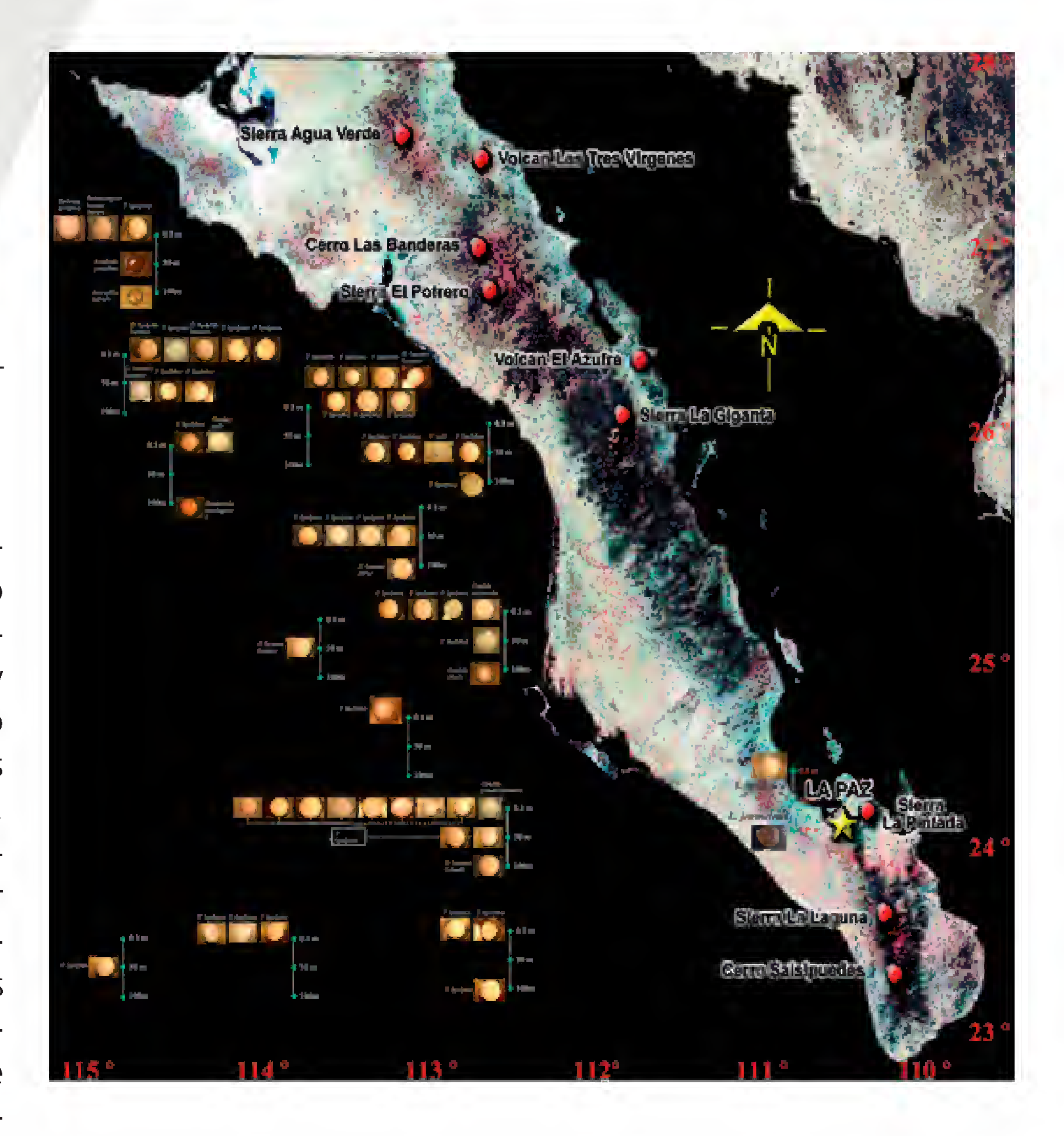
En la experiencia que hemos ido adquiriendo en el cultivo de levaduras marinas en el Cinbor nos hemos percatado de que el agua marina presenta ventajas adicionales al restringir el crecimiento de microorganismos contaminantes durante la fermentación, traduciéndose en ahorro en los requerimientos de asepsia y condiciones de esterilidad de dichos procesos.

En este contexto, el interés por conocer y evaluar los recursos marinos en Baja California Sur motivó el arranque de una serie de muestreos para aislar y caracterizar levaduras del medio marino. Del crucero realizado en 1986 a bordo del buque oceanográfico *El Puma* en la costa occidental de Baja California Sur, se consiguió el aislamiento de 240 cepas de 98 distintas estaciones de muestreo a diferentes profundidades. algunas de estas cepas formaron parte, años después, de la primera colección de levaduras marinas de México, que recibió el apoyo de la Conabio.

Es interesante resaltar la diversidad y número de especies de levaduras marinas cercanas a la costa respecto a las más alejadas del litoral. Aunque esta observación de ninguna manera es concluyente, podemos afirmar que la existencia de levaduras marinas en el litoral mexicano es un hecho y su trascendencia o función ecológica conti-

núa siendo un misterio. La distribución de las levaduras en el ámbito marino obedece a condiciones geográficas e hidrológicas especiales y frecuentemente, como se señaló antes, suelen encontrarse en áreas asociadas a nutrientes. En general, la densidad y diversidad de las levaduras tiende a disminuir hacia mar abierto y a profundidades considerables (> 100 m). Hacia finales de los años setenta se había aislado un total de 177 especies de levaduras de sedimentos, plantas, animales, detritus y agua de mar en todo el mundo. La lista no ha crecido mucho desde entonces pues el esfuerzo, más que el aislamiento de nuevos organismos, se ha orientado a determinar sus propiedades. Muchas de las levaduras aisladas del medio marino son realmente de origen terrestre, muestran cierta capacidad halotolerante y, por tanto, pueden desarrollarse en el mar.

Es conveniente señalar que el trabajo para la conformación de una Colección de Levaduras Marinas de México verdaderamente representativa apenas comienza. La actual colección, que alberga 64 especímenes de una zona prácticamente libre de actividad humana, debe ser complementada con aislamientos del resto del litoral de nuestro país. La biodiversidad microbiana marina debe ser considerada un elemento adicional en nuestra riqueza natural. A medida que nos percatemos de su existencia podremos tal vez llegar a comprender su función y desempeño en el grandioso escenario que nos ofrece la naturaleza.



Distribución geográfica de los aislamientos de levaduras marinas realizados en la costa occidental de Baja California Sur. Las coordenadas indican los diferentes sitios de aislamiento y las imágenes los tipos de levaduras aisladas en cada sitio.

Referencias

Barnett, J.A., y C.F. Robinow. 2002. A History of research on yeast. 4. Citology, Part I, 1890-1950. *Yeast* 19:151-182.

Pontón San Emeterio, J., M.D. Moragues, J. Gené, J. Guarro y G. Quindós. 2002. Hongos y actinomicetos alergénicos. *Revista Iberoamericana de Micología* / Asociación Española de Micología, Bilbao.

Fell, W.J., y N. van Uden. 1963. *Yeast in marine environments*. Symposium on Marine Microbiology (C.H. Oppenheimer, ed.), Thomas, Springfield, pp. 167-198.

Hernández-Saavedra, N.Y., D. Hernández-Saavedra y J.L. Ochoa. 1992. Distribution of Sporobolomyces (Kluyver et van Niel) genus in the Western coast of Baja California Sur, Mexico. *System. Apply. Microbiol*. 15:319-322.

Hernández-Saavedra, N.Y., D. Hernández-Saavedra y J.L. Ochoa. 1995. Factors affecting the distribution of the genus *Candida* (Berkhout) along the west coast of Baja California Sur, Mexico. *System. Appl. Microbiol*. 18:109-112.

Kohlmeyer, E., y J. Kohlmeyer. 1979. *Marine micology. The higher fungi*. Academic Press, Nueva York, pp. 556-606.

Kurtzman, C.P., y J.W. Fell. 1999. *The yeast, a taxonomic study*. 4a. ed., Elsevier, Amsterdam, pp. 1055.

Kurtzman, C.P., y C.J. Robnett. 1998. Identification and philogeny of ascomycetes yeast from analysis of nuclear large subunit (26S) ribosomal DNA partial sequences. *Antonie van Leeuwenhoek* 73:331-371.

Martínez, J. 1989. Manual del 3er. Curso Internacional Tópicos de Taxonomía, Genética y Conservación de Levaduras y su Aplicación Biotecnológica. Cinvestav-IPN, México, pp. 5-24.

Van der Walt, J.P., y J.P. Yarrow. 1983. Methods for the isolation, maintenance, classification and identification of yeast (pp. 1-101). En J. Looder y N.J.W. Kreger van Rij (eds.), *The Yeast. A taxonomic study*. 3a. ed., Elsevier, Amsterdam.

[1] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Apdo. Postal 128, 23000 La Paz, BCS, México. <jlochoa@cibnor.mx>

[2] Colección Microbiana y de Cultivos Celulares Cinvestav-IPN.

César A. Domínguez y Luis E. Eguiarte[1]

EL AMOR ENTRE LAS PLANTAS

Prácticamente desde el origen de la humanidad la sexualidad ha sido objeto de fascinación, tal como lo atestigua la gran cantidad de expresiones plásticas, literarias y musicales que han hecho del sexo su fuente de inspiración. Aunque las diferentes expresiones de la sexualidad humana, y de los animales en general, han dado muestras de una gran complejidad, ésta palidece ante la variedad y sutileza de los sistemas de reproducción sexual de las plantas. Fenómenos como la elección de pareja, el adulterio, el aborto y el cuidado materno, que fácilmente asociamos a la reproducción de los animales, encuentran expresiones mucho más sutiles y elaboradas en las plantas. Además, para complicar el panorama, las plantas expresan su sexualidad en una variedad ilimitada de formas, que van desde el hermafroditismo hasta la completa separación de los sexos

Las plantas están destinadas a permanecer toda su vida en el lugar en el cual germinaron, y por lo tanto son incapaces de mover sus gametos por ellas mismas. Esta situación ha dado lugar a una serie de adaptaciones por medio de las cuales las plantas han "convencido" a otros organismos, o han aprovechado la movilidad del viento o el agua para transportar sus gametos. Es interesante resaltar que los animales no mueven el polen por razones altruistas, sino que lo hacen porque esto redunda en su propio beneficio. Normalmente los animales visitan las flores buscando alguna recompensa, como el néctar y el polen. El néctar es básicamente azúcar diluida en agua, es decir, algo como un refresco. El polen, en cambio, es rico en aminoácidos y grasas, por lo cual constituye una fuente de alimento muy importante para muchos animales. Además del polen y el néctar, hay otros tipos de recompensa como las fragancias —que son utilizadas por los animales para sus propios fines, como la atracción de hembras— o los aceites —que son utilizados como material de construcción o alimento.

También existe todo un grupo de plantas que se dedica a engañar a los polinizadores. Dentro de éstas podemos encontrar aquéllas cuyas flores son verdaderas trampas mortales para los visitantes. *Arisaema triphyllum* es una especie que tiene flores masculinas y femeninas tubulares. Cuando un polinizador visita a una flor masculina se mueve a través del tubo, cubriéndose de polen, para después salir por un orificio que se encuentra en la base de la flor. La situación es similar para las flores femeninas; sin embargo, éstas no tienen salida, por lo que el visitante queda atrapado. Otras plantas no son tan drásticas en el trato a sus visitantes. Por ejemplo, las flores de algunas orquídeas del género *Ophris* "imitan" la forma de las hembras de sus polinizadores, de tal manera que son visitadas por machos que intentan copular con ellas. En este caso, las plantas logran la transferencia de sus gametos manipulando la

"lujuria" de las avispas que las visitan.

Este engaño no se debe a ninguna animadversión de las plantas hacia sus polinizadores, sino que es resultado de la evolución por selección natural. El razonamiento es sencillo y se basa en un criterio de eficiencia: "si produzco menos recompensa probablemente podré producir más semillas (hijos)". Por ejemplo, algunas plantas tienen flores que no producen néctar, pero se parecen a las de otras plantas que sí lo producen, ahorrándose así el costo del néctar. A este fenómeno se le conoce como mimetismo y funciona siempre y cuando las plantas "engañosas" (las que no producen néctar) se encuentren en proporciones muy bajas respecto a las "honestas" (las que sí producen néctar). Si en una localidad la proporción de plantas engañosas fuera muy alta, los polinizadores podrían aprender a evitar a los dos tipos (honestas y engañosas). En contraste, si en la misma población prevalecieran las plantas honestas, los polinizadores "sabrían" que tienen una elevada posibilidad de encontrar recompensas, lo que favorecería tanto a las engañosas como a las honestas. Muchas orquídeas son polinizadas mediante este mecanismo, lo mismo que las flores del arbolito tropical *Plumeria rubra* o cacaloxóchitl. Un engaño aun más sutil ocurre cuando las flores de un sexo imitan a las flores del otro en la misma planta. En algunas especies que presentan flores masculinas y femeninas, como las begonias y las papayas, las flores masculinas son las únicas que producen recompensas para los polinizadores. Las flores femeninas de estas especies se parecen a las masculinas y por lo tanto engañan a los visitantes que se posan en ellas en busca de algún tipo de recompensa.

La producción de recompensas no es suficiente para inducir a los polinizadores a mover los gametos de las plantas, sino que también es necesario que las flores "anuncien" la presencia de estos premios. De hecho, como ya vimos, la selección natural ha llevado a algunas especies a hacer el anuncio sin que exista producción de recompensas, como en el caso de las orquídeas y las begonias. A fin de que las plantas sean atractivas para los polinizadores la evolución ha generado, ade-

Algunas especies del género de orquídeas *Lepanthes* son polinizadas por mosquitos de hongos de la familia Sciaridae; los mosquitos machos intentan copular con las flores y, de hecho, sus genitales se acoplan con el apéndice del labelo de la flor, como lo harían con los órganos sexuales de la hembra.

Tomado del libro *Las orquídeas de Mexico*, Instituto Chinoin, México, 2005



También las orquídeas del género *Ophris* imitan las formas de las hembras de sus polinizadores.



Las flores polinizadas por colibríes presentan corolas tubulares y producen néctar en la mañana, cuando estas aves son más activas.

© Fulvio Eccardi

Muchas flores de cactáceas son polinizadas por mariposas nocturnas.

© José Antonio Soriano

más de las recompensas, atributos como colores, formas y aromas que incluso a nuestros ojos resultan irresistibles. Un vistazo rápido nos revela que las flores pueden ser polinizadas por animales que van desde las mariposas (diurnas y nocturnas) y las aves (colibríes y aves percheras), hasta los lémures, los murciélagos y los monos, pasando por los escarabajos, las moscas, las avispas, las hormigas y las babosas. Las flores polinizadas por murciélagos, por ejemplo, se abren y producen néctar durante la noche (cuando son activos los murciélagos), presentan colores claros y olores rancios que atraen a los quirópteros, producen néctar y polen en cantidades muy grandes (para satisfacer las necesidades energéticas de un visitante de ese tamaño), y tienen flores muy resistentes para soportar la breve y poco elegante visita de los murciélagos. En contraste, las flores polinizadas por colibríes presentan corolas tubulares que sólo permiten las visitas de estas aves y excluyen las de otros animales, producen néctar en la mañana, cuando los colibríes son más activos, y usualmente poseen colores rojos que parecen ser los más atractivos para estos pájaros.

Las plantas que aprovechan el viento o el agua como vectores de sus gametos enfrentan otro tipo de problemas. Estas plantas no producen néctar ni tienen formas o colores atractivos (no hay a quién atraer), y sus flores femeninas se encuentran usualmente separadas de las masculinas, lo que favorece la transferencia de los gametos. Las adaptaciones que por lo general se observan en tales especies tienen que ver con el diseño aerodinámico o hidrodinámico del polen y con una morfología del estigma (el órgano femenino de las flores) que permite la recepción adecuada de los gametos.

Podríamos seguir describiendo la plétora de adaptaciones que se han generado como resultado de la polinización, pero nuestro objetivo sólo es ilustrar que los protagonistas de esta interacción (polinizadores y plantas) han desarrollado un conjunto de atributos que les permiten explotarse mutuamente. Estos atributos están tan finamente ajustados que los científicos no han resistido la tentación de describir "síndromes de polinización", es decir, la existencia de conjuntos de atributos morfológicos y fisiológicos que se encuentran asociados entre ellos y con un tipo de polinizador particular.



Nuestra experiencia como animales sugiere que la elección de con quién tener hijos depende fundamentalmente de decisiones conscientes. Aunque esto está lejos de ser cierto (y desafortunadamente no es el tema de este ensayo), las plantas carecen de conciencia y hacen uso de mecanismos menos evidentes. Tomemos por ejemplo el caso de las plantas con flores hermafroditas (75% de todas las angiospermas), o sea las especies en las cuales los órganos sexuales masculinos (el androceo) y femeninos (el gineceo) están presentes en la misma flor. Uno podría preguntarse por qué gastan energía y recursos

Una de las medidas más sencillas y comúnmente adoptadas para evitar la autopolinización ha sido la separación de los órganos sexuales, tanto en el tiempo como en el espacio

en producir flores llamativas si existe la posibilidad de ahorrarse esos gastos y molestias, simplemente si se les ocurriera autofertilizarse. Sin embargo, la progenie producida por autofertilización suele ser menos vigorosa que la que se obtiene mediante la polinización cruzada. Este fenómeno se conoce en la literatura científica como depresión por endogamia y sus manifestaciones en el género humano han sido la fuente de gran cantidad de tabúes y reglas morales que han impedido los apareamientos entre parientes cercanos (hermanos, primos, etc.), desde los inicios de la civilización.

Mientras que los humanos hemos inventado tabúes y reglas morales para evitar los apareamientos entre parientes, las plantas han desarrollado una gran cantidad de mecanismos que evitan la autopolinización y la cruza entre parientes. Una de las medidas más sencillas y comúnmente adoptadas para evitar la autopolinización ha sido la separación de los órganos sexuales, tanto en el tiempo como en el espacio. Algunas especies como el toloache (*Datura stramonium*) poseen flores en las que las anteras se encuentran por debajo de los estigmas, minimizando así la probabilidad de autofecundación. Los magueyes y otras plantas han optado por la separación temporal. Las flores de estas especies se comportan como masculinas durante la primera noche de su vida, mientras que en las noches siguientes, cuando la flor ya no tiene polen, se abren los estigmas y las flores se comportan como femeninas. Otra forma obvia para evitar la autopolinización es la separación de los órganos reproductores en flores masculinas y flores femeninas. Dentro de esta opción tenemos una variedad de combinaciones realmente sorprendente.

En resumen, en las plantas encontramos todas las posibilidades de sexualidad que se nos puedan ocurrir. Incluso en algunos casos la sexualidad se expresa de manera críptica. Por ejemplo, los árboles del casahuate (varias especies de *Ipomoea*) tienen flores que aparentemente son perfectas; sin embargo, un análisis detallado mostraría que algunos individuos producen muchos frutos y otros ninguno. Por lo tanto, aunque en apariencia son hermafroditas, los casahuates se comportan efectivamente como machos y hembras. Para complicar aún más el panorama, existen algunas plantas que cambian de sexo durante el transcurso de su vida. Por ejemplo, muchas orquídeas, o la planta que mencionamos anteriormente, *Arisaema triphyllum*, se comportan como machos cuando son pequeñas y como hembras cuando crecen. Dependiendo de las condiciones ambientales estos cambios pueden ocurrir varias veces en la vida de un individuo. Por ejemplo, una planta hembra podría comportarse como macho como consecuencia de la pérdida de biomasa (hojas, tallos, raíces) y volver a funcionar nuevamente como hembra una vez que haya alcanzado el tamaño para cambiar de sexo.

Por tradición, las plantas han sido consideradas entidades pasivas y con baja capacidad de respuesta a su ambiente social. Este juicio superficial se basa principalmente en que las plantas carecen de órganos sensoriales. Sin embargo, las plantas son capaces de sorprendernos de muchas maneras. Posturas y concepciones sobre fenómenos que tradicionalmente se habían entendido como propios del mundo animal han tenido que ampliar sus fronteras para incorporar los nuevos hallazgos de la biología de las plantas, como la selección sexual y los conflictos entre padres e hijos. La idea de la selección sexual fue propuesta inicialmente por Charles Darwin para explicar la evolución de los caracteres sexuales secundarios.

Un ejemplo de estos caracteres son las grandes colas de los quetzales macho y otras aves; tal característica no sólo no aumenta las posibilidades de sobrevivencia de estos



Vista frontal de un macho de *Eufriesea mexicana*, con su característico polinario.

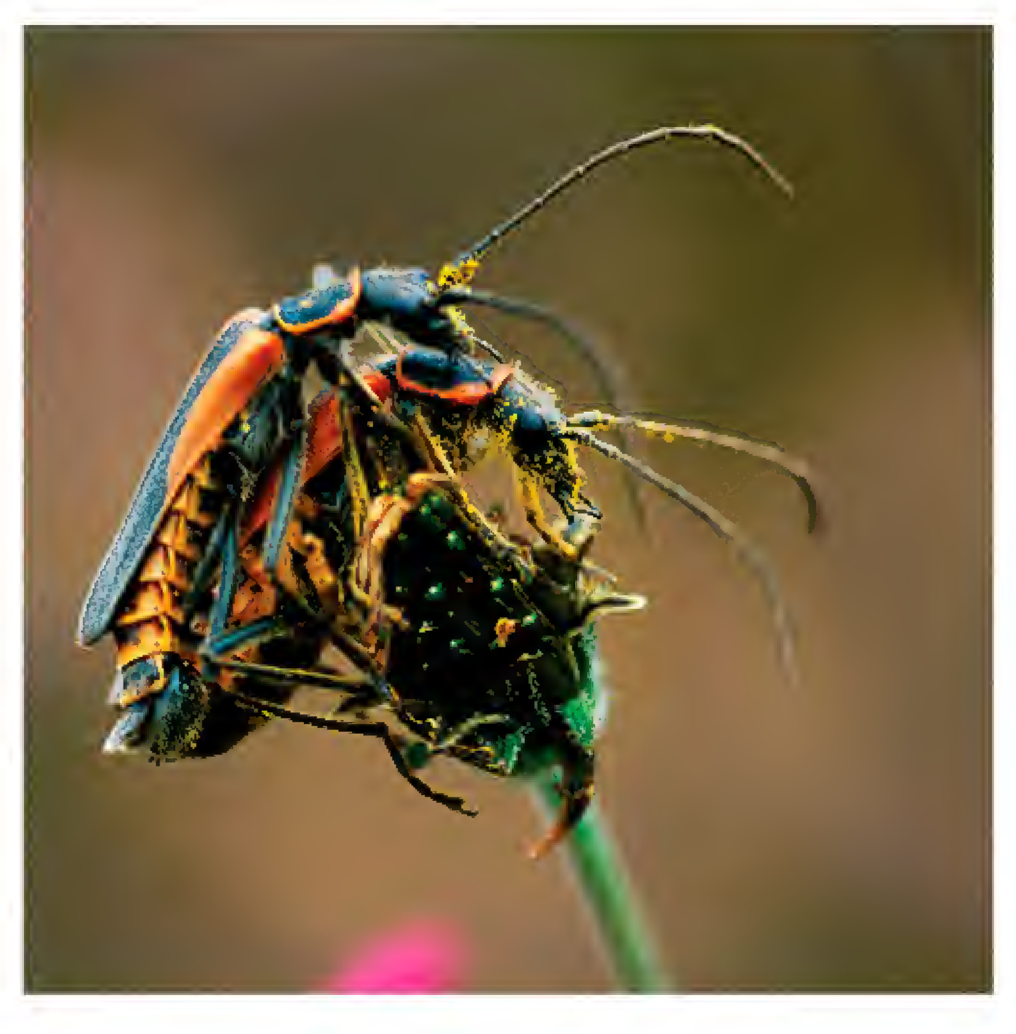
Tomado del libro *Las orquídeas de México*, Instituto Chinoin, México, 2005

En el mundo animal la selección natural favorece una conducta promiscua en los machos

---

animales, sino que incluso podría disminuirlas. Las grandes colas representan un gasto energético muy elevado y en determinado momento podrían dificultar la huida de las aves o hacerlas más conspicuas para los depredadores. Darwin propuso que los caracteres sexuales secundarios afectaban la cantidad y la calidad de los apareamientos de los organismos. Dentro de la selección sexual se distinguen dos procesos: la competencia entre los machos por el acceso reproductivo a las hembras, y la elección de los machos por parte de las hembras. Existen muchos ejemplos en el mundo animal que ilustran la "guerra" que se desarrolla entre los individuos masculinos por conseguir los favores sexuales de las hembras de su especie, entre ellos el cortejo de las aves del paraíso, las luchas ritualizadas de los alces o los sangrientos combates por el control del harén entre los leones.

También podemos encontrar multitud de ejemplos en otro proceso de la selección sexual; simplemente recordemos que la elección que realizan las hembras de muchas especies de arañas significa la diferencia entre condenar al macho al infierno (se lo comen), o al paraíso (copulan con él). Esta diferencia en la conducta de los machos y las hembras se explica por la desigualdad que existe en la inversión que tiene que hacer cada sexo para tener un hijo. La procreación de un hijo es en general mucho más costosa para las hembras (producción de un óvulo, desarrollo del producto y cuidado postnatal) que para los machos (en algunos casos cooperan con un solo espermatozoide). Por estas razones la selección natural favorece una conducta promiscua en los machos (elevar al máximo la cantidad de apareamientos), mientras que las hembras deberían maximizar la calidad de sus apareamientos y así invertir sus costosos recursos en la mejor opción posible.



Se ha demostrado que las plantas hembra son capaces de elegir entre sus consortes potenciales por medio de diferentes mecanismos. Una vez que el polen se deposita en los estigmas, las hembras pueden elegir entre los granos de polen que germinarán, los tubos polínicos que crecerán a través del estilo, o bien la célula que fecundará sus óvulos. Por otra parte, la competencia entre machos puede manifestarse mediante la producción de flores muy atractivas o con mucha recompensa, la producción de mayor cantidad de polen o el aumento de la capacidad del polen para germinar y crecer a través de los estilos.

Es probable que muchos de nosotros estemos familiarizados con los conflictos que surgen de vivir en familia. Aunque no faltará quien piense que estos conflictos son privativos de los humanos, bastará con echar un vistazo a la historia natural de los animales para darse cuenta de que la rivalidad entre hermanos y los conflictos de intereses que se establecen entre los padres y sus hijos son muy comunes. El rey Lear de Shakespeare es un excelente ejemplo de los conflictos que surgen entre los hermanos por ganar los favores de sus padres. Aunque no existe una obra similar que aborde

Dentro de la selección sexual se distinguen dos procesos: la competencia entre los machos por el acceso reproductivo a las hembras, y la elección de los machos por parte de las hembras.



el caso de las plantas, hay gran cantidad de evidencias de que la vida familiar de estos organismos es igualmente conflictiva. Por ejemplo, pensemos en las semillas dentro de un fruto. Dado que el éxito de una semilla para germinar y sobrevivir depende de la cantidad de recursos que invierte su madre en ella, cada semilla tratará de obtener la mayor cantidad de recursos posible, aun a costa de reducir la porción que corresponda a sus hermanos (las otras semillas dentro de un fruto). En contraste, el interés de la madre es producir la mayor cantidad posible de hijos, y por lo tanto tratará de repartir sus recursos por igual entre ellos (las semillas). En este proceso la madre puede abortar las semillas de mala calidad, mientras que cada semilla tratará de convencerla de que ella merece quedarse y que mejor aborte a alguno de sus hermanos. Recientemente se ha sugerido que la complejidad de los tejidos de alimentación y mantenimiento de las semillas, tanto estructural como genética, ha evolucionado como respuesta a estos conflictos.

No quisiéramos terminar este ensayo sin referirnos a las enfermedades de transmisión sexual de las plantas. Las enfermedades venéreas, flagelo de la humanidad, también han encontrado espacio en las relaciones sexuales de las plantas. Es paradójico que el éxito evolutivo de las plantas, derivado de su capacidad para manipular a los polinizadores, sea aprovechado por hongos, bacterias y otros agentes patógenos en su propio beneficio y en detrimento del de las plantas. En algunos casos, estos organismos son capaces de reemplazar el polen por sus esporas y aprovechar la maquinaria de las flores para atraer a los polinizadores y extender la infección a otras plantas. Éste es un campo de investigación completamente abierto en el que seguramente habrá grandes avances en el futuro próximo.

En resumen, el propósito de este ensayo es ofrecer una panorámica general de la increíble biología reproductiva de las plantas y mostrar lo interesante que puede ser el estudio de los organismos que aparentemente *no hacen nada*. Asimismo, quisiéramos señalar que la importancia de la biología reproductiva de las plantas radica también en sus aplicaciones potenciales a los programas de producción de frutos y semillas de especies de interés comercial o alimentario, así como en los de mejoramiento genético. Es muy probable que el estudio de estos sistemas repercutirá en el mejor diseño de las estrategias de conservación de las plantas y los recursos genéticos presentes en las áreas naturales del país, y sin duda nos ayudará a apreciar la belleza intrínseca y el poder de la selección natural.

***

En este ensayo hemos utilizado un lenguaje coloquial que podría sugerir algún tipo de intencionalidad a largo plazo en los actos que realizan los animales o las plantas. Obviamente éste no es nuestro propósito, sino el de hacer la lectura más amena. Por lo tanto, cuando decimos "las plantas han decidido usar los recursos…", en realidad queremos decir "el efecto de la selección natural en la variación de los patrones de asignación de recursos de las plantas a través de las generaciones ha producido un óptimo que...". Pedimos disculpas anticipadas por cualquier confusión que esto pudiera provocar. Este texto es una versión resumida de un artículo aparecido en la *Revista de la Universidad Nacional*.

[1] Instituto de Ecología, UNAM.
tejada@servidor.unam.mx

Los mamíferos silvestres de México

Con más de 530 especies, México es uno de los tres países del mundo con mayor diversidad de mamíferos silvestres. Esta gran diversidad, producto de una compleja historia geológica, de su posición geográfica y su heterogeneidad ambiental, comprende desde pequeñas musarañas hasta enormes ballenas.

Los mamíferos silvestres de México está dividido en cuatro partes; la primera trata sobre la diversidad y la conservación de los mamíferos de México; la segunda narra la historia de la mastozoología en México; la tercera es una lista sistemática de las especies y la última son las fichas descriptivas de cada especie, organizadas filogenéticamente por orden y familia y alfabéticamente por género y especie.

Este libro profusamente ilustrado es la primera obra completa sobre los mamíferos de México que incluye una síntesis sobre su diversidad, su situación actual y fichas de cada especie. Está escrita en lenguaje claro y sencillo apto para especialistas y público en general. La coordinación estuvo a cargo de Gerardo Ceballos y Giselle Oliva, ambos del Instituto de Ecología de la UNAM. La obra es una coedición del Fondo de Cultura Económica y la Conabio.



La CONABIO tiene un centro de documentación e imágenes con libros, revistas, mapas, fotos e ilustraciones sobre temas relacionados con la biodiversidad; más de 3 000 títulos están disponibles al público para su consulta. Además distribuye cerca de 150 títulos que ha coeditado, que pueden adquirirse a costo de recuperación o donarse a bibliotecas que lo soliciten. Para mayor información, llame al teléfono 5528-9172, escriba a cendoc@xolo.conabio.gob.mx, o consulte los apartados de Centro de Documentación y de Publicaciones en la página web de la CONABIO (www.conabio.gob.mx).



COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La misión de la CONABIO es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

EDITOR RESPONSABLE: Fulvio Eccardi Ambrosi ASISTENTES: Thalía Iglesias, Leticia Mendoza
biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
PRODUCCIÓN: BioGraphica DISEÑO: Tools Soluciones Gráficas
TIPOGRAFÍA Y FORMACIÓN: Socorro Gutiérrez CUIDADO DE LA EDICIÓN: Antonio Bolívar

IMPRESIÓN: Artes Gráficas Panorama, S.A. de C.V., Avena 629 Col. Granjas México 08400 México, D.F.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5528-9100, fax 5528-9131, www.conabio.gob.mx DISTRIBUCIÓN: nosotros mismos